



Universidade Federal de Sergipe

UNIVERSIDADE FEDERAL DE SERGIPE
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA
DEPARTAMENTO DE ESTATÍSTICA E CIÊNCIAS ATUARIAIS



THIAGO ESPÍNOLA XAVIER

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE NA
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO DE 2010 Á 2013**

São Cristóvão – SE

2014

THIAGO ESPÍNOLA XAVIER

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE NA
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO DE 2010 Á 2013**

**Monografia apresentada ao
Departamento de Estatística e Ciências
Atuariais da Universidade Federal de
Sergipe, como parte dos requisitos para
obtenção do grau de Bacharel em
Estatística.**

Orientadora: Prof.^a Amanda da Silva Lira

São Cristóvão – SE

2014

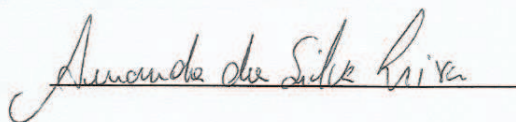
THIAGO ESPÍNOLA XAVIER

**APLICAÇÃO DO CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE NA
PRODUÇÃO DE PETRÓLEO DE 2010 Á 2013**

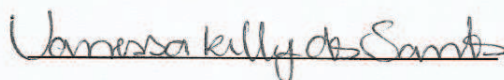
Monografia apresentada ao
Departamento de Estatística e
Ciências Atuariais da
Universidade Federal de Sergipe,
como um dos pré-requisitos para
obtenção do grau de Bacharel em
Estatística.

10/09/2014

Banca Examinadora:



Prof.^a Amanda da Silva Lira
Orientadora



Prof.^a Vanessa Kelly dos Santos
1º Examinador



Prof.^a Juliana Kátia da Silva
2º Examinador

AGRADECIMENTOS

A Deus, por guiar os meus caminhos e me abençoar a cada dia, dando-me sabedoria para superar os obstáculos e força nos momentos difíceis, me fazendo acreditar que posso vencer sempre nunca duvidando da minha Fé, com a Intersecção da Nossa Senhora de Aparecida, que no desespero me guiou a casa do Senhor.

A minha Família, por todo apoio apesar de toda a distância, sempre nos mantivemos unidos, a minha Mãe Socorro por estar sempre presente nas minhas caminhadas apoiando-me e dando todo incentivo, a Marcos por ter sido um Pai que não tive, as minhas irmãs Maria Clara (Meu Bebê) e minha querida Amanda (Problemática), por todos os momentos felizes que vivemos como Família. A minha avó Sebastiana que sempre orou por mim. A todos os tios, tias, primos da família Espínola e Xavier.

Aos meus companheiros da vida acadêmica, Claudinho, Wilson, Lohaine, Sidney, Edckson, Jurandi, Cassius, Edmara, Cleo, Jorginho, Rose, Cláudia, Alisson, André, Sueli, Thomas, Gabi, Grazi e Débora... Meu muito obrigado. Agradeço a todos os professores do DECAT, em especial a minha orientadora Amanda por toda dedicação, paciência, força e compromisso. Obrigado!

As minhas amigas Mércia e Sibelle, por todo apoio, força, companheirismo, paciência, companhia, alegrias... São tantos os momentos que vocês fizeram parte da minha vida que é difícil medir ou mensurar o quanto sou grato. Agora Bonitinhas, consegui. Obrigado Gente.

*Deus nos convida a escolher a vida,
como também nos convida a não estar no controle,
quando se tem Fé.*

Rosicler Ceschin

RESUMO

O Petróleo após sua extração passa por uma série de processos de destilação para transformação em diversos materiais que são úteis para vida do homem moderno, tais como: gasolina, graxa, gás de botijão, asfalto, querosene entre outros. O presente trabalho busca analisar o controle da qualidade da produção dos barris de petróleo produzidos por dia durante os anos de 2010 á 2013. Para o desenvolvimento desse trabalho foi utilizado o Controle Estatístico de Qualidade, com a aplicação do gráfico de controle para média (\bar{X}) e desvio padrão (S). Antes da aplicação foi verificado a normalidade dos dados com o teste de Shapiro-Wilk. Alguns pontos críticos foram diagnosticados e foi observado também alguns deslocamentos durante os quatro anos, evidenciando que ocorreu algum fator influenciador desses movimentos.

Palavra-Chave: Controle Estatístico, Petróleo, Gráficos de Controle.

ABSTRACT

The oil after extraction goes through a series of distillation processes for processing the oil after extraction goes through a series of distillation processes for processing a variety of materials that are useful for life of modern man, such as gasoline, grease, gas bottled, asphalt, kerosene and others. This paper analyzes the quality control of the production of barrels of oil produced per day during the years 2010 to 2013 will develop this work the Statistical Quality Control was used, with the application of control chart for mean (\bar{X}) and standard deviation (S). Before the application was verified the normality of the data with the Shapiro-Wilk test. Some critical points were diagnosed and was also noted some shifts over the four years, indicating that there was some factor influencing these movements.

Keyword: Statistical Control, Oil, Control Charts.

LISTA DE ILUSTRAÇÃO

FIGURA 1 – Extração de Petróleo.....	14
FIGURA 2 – Falhas nos poços de Petróleo.....	14
FIGURA 3 – Simétrico e Assimétrico.....	23
FIGURA 4 – Classificação das Curvas.....	23
GRÁFICO 1 – Controle Padrão.....	27
FIGURA 5 – Exemplo de Periodicidade.....	28
FIGURA 6 – Exemplo de Tendência.....	28
FIGURA 7 – Exemplo de Deslocamento.....	29
TABELA 1 – Análise Descritiva da Variável Quantidade de barris/dia 2010 á 2013....	32
FIGURA 8 – Histograma da Produção de Petróleo 2010 á 2013.....	33
FIGURA 9 – Produção de Barris de Petróleo no Brasil de 2010 á 2013.....	34
GRÁFICO 2 – \bar{X} e S no período de 2010 a 2013.....	36
GRÁFICO 3 – \bar{X} e S no período de 2010 á 2013 – Sem o operador da Petrobrás.....	37

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	9
2. OBJETIVOS.....	11
2.1 Geral.....	11
2.2 Específicos.....	11
3. JUSTIFICATIVA.....	12
4. REVISÃO LITERÁRIA.....	12
4.1 Petróleo e Gás.....	13
4.2 Operadores de Petróleo.....	17
4.3 Aplicação do Controle na Produção de Petróleo.....	18
4.4 Controle Estatístico de Qualidade.....	18
5. METODOLOGIA.....	20
5.1 ANÁLISE EXPLORATORIA DE DADOS.....	21
5.2 TESTE DA NORMALIDADE.....	24
5.2.1 Teste de Shapiro-Wilk (SW).....	24
5.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE.....	25
5.3.1 Gráfico de Controle.....	26
5.3.2 Gráfico de Controle para Média (\bar{X}) e Desvio Padrão (S).....	29
6. RESULTADOS.....	32
6.1 Análise Descritiva.....	32
6.2 Verificação da Normalidade.....	33
6.3 Análise do Controle de Qualidade – Gráfico de Controle de \bar{X} e S.....	34
7. CONCLUSÃO.....	38
BIBLIOGRAFIA.....	39

1. INTRODUÇÃO

O petróleo é um líquido escuro e viscoso, de composição muito complexa e variável; Sua origem está ligada ao resultado da degradação lenta de vegetais e animais marinhos, seus depósitos economicamente exploráveis são encontradas a profundidades variadas, chegando a 3.000 ou 4.000 metros. Após a extração o petróleo passa por uma série de processos de refinamento a fim de ser desdobrado em outros produtos exigidos pelo consumo. É preciso entender que cada refinaria produz de acordo com as necessidades do mercado que abastece. Assim ela pode produzir maior quantidade de gases ou, ainda, maior quantidade de gasolina ou outros derivados (PRESSOTO, 2002).

O petróleo é a principal fonte de energia na atualidade, daí se da toda sua importância. O esvaziamento de alguns poços abastecedores das maiores refinarias no mundo, fez com que a procura do famoso “ouro negro” fosse ainda maior (PRESSOTO, 2002).

A exploração do petróleo no Brasil é feita exclusivamente pela Petrobrás, criada pela Lei nº 2.004, de 3 de outubro de 1953, pelo então presidente Getúlio Vargas com o lema “O petróleo é nosso”, após a descoberta de reservas de petróleo na Bahia (SEREBRENICK, 1971).

A Petrobrás além dos seus operadores utiliza alguns operadores estrangeiros na perfuração dos poços, porém detém o maior número de operadores dentro da exploração realizada no Brasil (ANP, 2014).

A grande quantidade de petróleo extraído do subsolo abastece várias refinarias, essas por sua vez são responsáveis pelo tratamento inicial que o petróleo recebe como também na transformação de derivados a serem utilizados pelo homem ou até mesmo pela indústria. As extrações ocorrem durante todo ano, podendo ocorrer períodos de baixa e alta produtividade (SHAH, 2007).

A qualidade exposta ao produto ou até mesmo na produção está ligada fielmente a qualidade do processo em si. Para se verificar tal variabilidade de baixa e alta produção, a aplicação do controle estatístico de qualidade se faz útil por ser uma ferramenta que proporciona informações que envolvem diretamente e indiretamente toda produção, buscando manter os níveis da produção dentro de limites aceitáveis (MONTGOMERY, 2001).

A aplicação do controle estatístico de qualidade, qualquer que seja a área, possibilita uma noção de como está se comportando a produção ou serviço prestado ao longo do tempo, mostrando momentos para atuar e momentos para revisar o processo da produção ou do serviço, na busca da qualidade para minimizar os erros e as ocorrências influenciadora de baixos desempenhos (COSTA et al., 2005).

2. OBJETIVOS

2.1 Geral

O presente trabalho tem por finalidade mostrar a importância do uso das técnicas do Controle Estatístico de Qualidade na área da produção do Petróleo no Brasil.

2.2 Específicos

- Construir um modelo para aplicação de Controle Estatístico de Qualidade da produção do Petróleo no Brasil;
- Verificar o comportamento da produção do petróleo no período de quatro anos, através da aplicação dos gráficos de controle de Shewhart \bar{X} .
- Destacar a importância do uso das ferramentas de controle de qualidade nas diversas áreas.

3. JUSTIFICATIVA

O controle estatístico de qualidade atua de maneira preventiva sobre o processo utilizando a estatística como elemento base para avaliar suas alterações, essas características possibilitam o monitoramento do processo, permitindo que as ações sejam tomadas de maneira direcionada a resolução dos problemas, auxiliando na estabilização do processo e evitando a produção de itens não conformes (HORA, 2009; MAYER, 2004).

É recomendado por ser um método simples que possibilita, em tempo real, verificar se o processo está operando sem a presença de causas especiais de variações (FOLLMER, 2012).

Na produção de petróleo as variações podem prejudicar os resultados pré-estabelecidos e esperados. A identificação de tais variações possibilitam uma visão da produção ao longo do tempo, mostrando momentos para atuar no controle. Sendo assim o Controle Estatístico de Qualidade é a ferramenta mais adequada para estudar o comportamento da produção e consequentemente mostrando os momentos para atuação no controle.

A aplicação do controle estatístico de qualidade na produção dos barris de petróleo ao longo de quatro anos, possibilita uma visão de como esta se comportando a variabilidade da produção, tendo a possibilidade de mostrar momentos que poderiam ocorrer um aprimoramento no processo como um todo para controlar os resultados obtidos.

4. REVISÃO LITERÁRIA

4.1 Petróleo e Gás

O petróleo no estado líquido é uma substância oleosa, inflamável menos densa que a água, com cheiro característico e cor variando entre o negro e o castanho-claro. Constituído, basicamente, por uma mistura de compostos químicos orgânicos denominados hidrocarbonetos (carbono e hidrogênio) e não-hidrocarbonetos (enxofre, nitrogênio, oxigênio e metais) (THOMAS, 2001).

Literalmente, petróleo significa “óleo de pedra”, ou seja, óleo mineral (do latim *petra* e *oleum*). O nome deve-se ao fato de que os depósitos de petróleo foram sempre encontrados dentro de rochas, levando à ideia de terem sido produzidos pelas próprias rochas (SEREBRENICK, 1971).

Em geral, o petróleo é encontrado no subsolo, em rochas sedimentares, espalhado pelos espaços vazios que existem sobretudo nas areias, arenitos, conglomerados e calcários. O paradoxal é que o petróleo não se encontra nas rochas onde é gerado, e sim nas vizinhas. A rocha-matriz do petróleo é geralmente, argilosa, mas ele escapa para as rochas porosas confinantes, onde passa a formar jazidas. O mais comum é achar o petróleo em arenitos permeáveis, embora em muitos casos também se obtenham produções notáveis em calcários porosos ou cavernosos (SEREBRENICK, 1971).

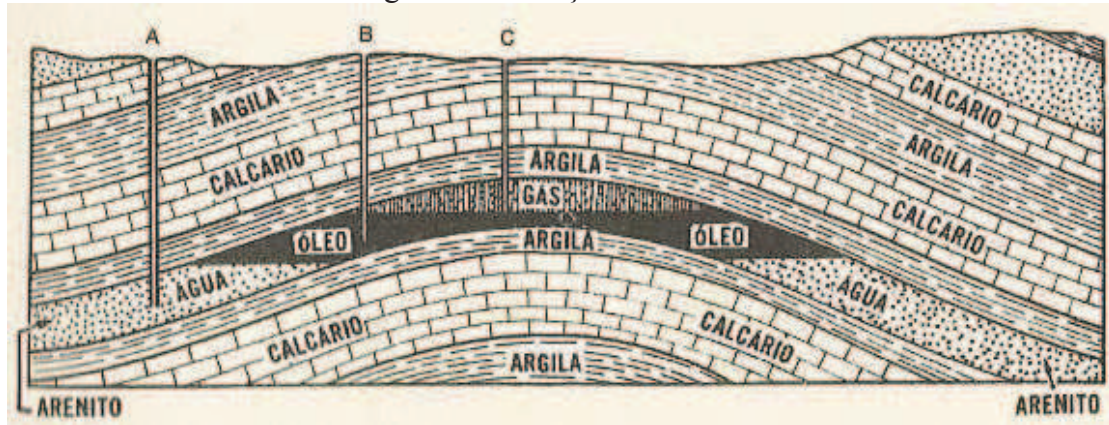
As melhores fontes de petróleo são as rochas sedimentares situadas nas proximidades de terrenos costeiros rasos. Quanto maior a espessura das formações sedimentares, tanto mais favoráveis elas são, podendo apresentar várias camadas com grandes quantidades de óleo, tais camadas denominam-se “horizontes de óleo”. É preciso notar que as maiores acumulações de petróleo se verificam não nas rochas horizontalmente arrumadas, e sim nas mais ou menos perturbadas, apresentando ligeiros dobramentos (Figura 1) e falhas (Figura 2) (SEREBRENICK, 1971).

Observa-se na Figura 1, um anticlínio com um “alçapão” de gás e óleo dentro de uma camada de arenito. Todos os três poços, A, B e C, penetraram no “alçapão”, mas com resultados diferentes.

Na Figura 1, vê-se um anticlinal, com uma rocha-reservatório de petróleo; é uma camada de arenito capeada de rochas argilosas impermeáveis. No ápice do anticlínio

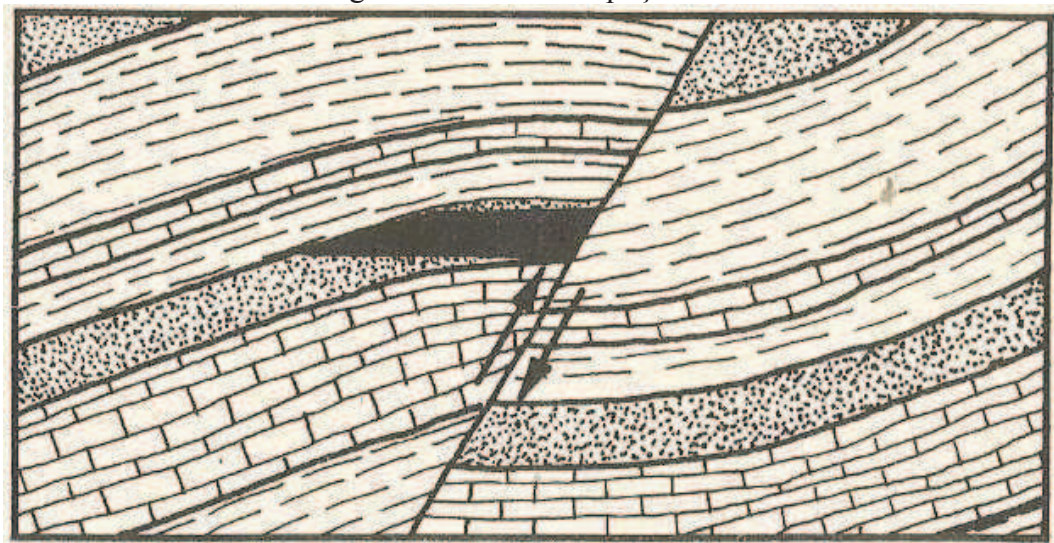
pode localizar-se o gás natural, nos dois flancos – petróleo, e nos níveis inferiores – água; tudo obedecendo à ordem de densidade crescente. Às vezes, o gás pode inexistir no topo do anticlinal, ficando ele dissolvido no petróleo líquido (SEREBRENICK, 1971).

Figura 1 – Extração do Petróleo



Fonte: Serebrenick (1971, p 08).

Figura 2 – Falhas nos poços de Petróleo



Fonte: Serebrenick (1971, p 09).

O processamento primário de petróleo em plataformas é, por sua vez, um item de importância na cadeia de operações da área de exploração e produção de petróleo. Garantido segurança nas diferentes fases da mistura proveniente dos poços; ou seja, óleo, gás natural e água. O óleo é tratado e processado para envio a refinarias. A água poderá ser reciclada para injeção em poços ou, após o devido tratamento, ser descartada no mar. O gás natural terá destinos diversos como geração de potência em turbinas a

gás, alimentação de sistemas de injeção em poços, e envio as plantas de processamento em terra para posterior comercialização (NUNES, 2010).

O registro da participação do petróleo na vida do homem remonta à tempos bíblicos. Na antiga Babilônia, os tijolos eram assentados com asfalto e o betume era largamente utilizado pelos fenícios na calefação de embarcações. Os egípcios o usaram na pavimentação de estradas, para embalsamar os mortos e na construção de pirâmides, enquanto gregos e romanos dele lançaram mão para fins bélicos (THOMAS, 2001).

Ainda segundo a Bíblia, o betume teria sido usado na construção da Torre de Babel. Igualmente, interpreta-se que a Arca de Noé tenha sido impermeabilizada com asfalto (SEREBRENICK, 1971).

O início e a sustentação do processo da busca com crescente afirmação do produto na sociedade moderna datam de 1859, quando foi iniciada a exploração comercial nos Estados Unidos, logo após a célebre descoberta do Coronel Edwin Laurentine Drake, em Tittusville, na Pensilvânia, com um poço de apenas 21 metros de profundidade perfurado com um sistema de percussão movido a vapor, que produziu 2m³/dia óleo. Descobriu-se que a destilação do petróleo resultava em produtos que substituíam, com grande margem de lucro, o querosene obtido a partir do carvão e o óleo de baleia, que eram largamente utilizados para iluminação. Estes fatos marcaram o início da era do petróleo. Posteriormente, com a invenção dos motores a gasolina e a diesel, estes derivados até então desprezados adicionaram lucros expressivos à atividade (THOMAS, 2001).

Graças a métodos científicos de exploração, cresce cada vez mais o número de áreas petrolíferas no mundo. O óleo está sendo encontrado em regiões que estavam fora de cogitação algumas décadas atrás. Mas, mesmo assim, a distribuição geográfica dos campos petrolíferos continua, e há de continuar muito irregular, havendo certas áreas privilegiadas e outras áreas onde jamais poderá ser encontrado o óleo (SEREBRENICK, 1971).

A busca do petróleo levou importantes descobertas nos Estados Unidos, Venezuela, Trinidad, Argentina, Borneu e Oriente Médio. Até 1945 o petróleo produzido provinha dos Estados Unidos, maior produtor do mundo, seguido da Venezuela, México, Rússia, Irã e Iraque. Com o fim da Segunda Guerra, um novo quadro geopolítico e econômico se define e a indústria do petróleo não fica à margem do processo. Ainda nos anos 50, os Estados Unidos continuam detendo metade da

produção mundial, mas já começa a afirmação de um novo polo produtor potencialmente mais ligado ao hemisfério oriental. Essa década marca, também, uma intensa atividade exploratória, e começam a se intensificar as incursões no mar, com o surgimento de novas técnicas exploratórias (THOMAS, 2001).

Com o passar dos anos foi desenvolvida grande variedade de estruturas marítimas, incluindo navios, para portar os equipamentos de perfuração. A década de 60 registra a abundância do petróleo disponível no mundo. O excesso de produção, aliado aos baixos preços praticados pelo mercado, estimula o consumo desenfreado (THOMAS, 2001).

Os anos 70 foram marcados por brutais elevações nos preços do petróleo, tornando econômicas grandes descobertas no Mar Norte e no México. Outras grandes descobertas ocorreram em territórios do Terceiro Mundo e dos países comunistas, enquanto que os Estados Unidos percebem que suas grandes reservas de petróleo já se encontram esgotadas, restando-lhes aprimorar os métodos de pesquisa para a localização de novas reservas. Acontecem, então, os grandes avanços tecnológicos no aprimoramento de dispositivos de aquisição, processamento e interpretação de dados sísmicos, como também nos processos de recuperação de petróleo das jazidas conhecidas (THOMAS, 2001).

Nos anos 80 e 90, os avanços tecnológicos reduzem os custos de exploração e de produção, criando um novo ciclo econômico para a indústria petrolífera.

Assim, ao longo do tempo, o petróleo foi se impondo como fonte de energia. Hoje, com o advento da petroquímica, além da grande utilização dos seus derivados, centenas de novos compostos são produzidos, muitos deles diariamente utilizados, como plásticos, borrachas sintéticas, tintas, corantes, adesivos, solventes, detergentes, explosivos, produtos farmacêuticos, cosméticos, etc. Com isso, o petróleo, além de produzir combustível, passou a ser imprescindível às facilidades e comodidades da vida moderna (THOMAS, 2001).

No Brasil, a história do petróleo começa em 1858, quando o Marquês de Olinda assina o Decreto nº 2.266 concedendo a José Barros Pimentel o direito de extrair mineral betuminoso para fabricação de querosene, em terrenos situados às margens do Rio Marau, na então província da Bahia. No ano seguinte, o inglês Samuel Allport, durante a construção da Estrada de Ferro no Leste Brasileiro, observa o gotejamento de óleo em Lobato, no subúrbio de Salvador. O primeiro poço perfurado com o objetivo de

encontrar petróleo foi realizado por Eugênio Ferreira de Camargo em 1897 no município de Bofete no estado de São Paulo. Este poço atingiu uma profundidade final de 488 metros e, segundo relatos da época, produziu 0,5m³ de óleo (THOMAS, 2001).

Segundo Serebrenick (1971), a referência mais antiga que se conhece sobre a questão do petróleo no Brasil, data de 1864, quando o Imperador D. Pedro II, “por imediata Resolução, tomada sobre parecer da Seção dos Negócios do Império do Conselho de Estado”, baixou o Decreto n.º 3.353-A, de 30 de novembro, concedendo ao cidadão inglês Thomas Denny Sargent permissão para – pelo prazo de 90 anos, por si ou por meio de uma companhia – extrair turfa, petróleo e outros minerais nas Comarcas de Camamu, Ilhéus e nas margens do rio Maraú, na província da Bahia.

Em 1938, já sob a jurisdição do recém criado Departamento Nacional de Produção Mineral (DNPM), inicia-se a perfuração do poço DNPM-163, em Lobato, BA, que viria a ser descobridor de petróleo no Brasil, no dia 21 de janeiro de 1939, sendo perfurado até o fim desse ano 80 poços, porém o primeiro campo comercial foi descoberto somente em 1941, em Candeias, BA (THOMAS, 2001).

A partir de 1953, no governo Vargas, foi instituído o monopólio estatal do petróleo com a criação da Petrobras, que deu partida decisiva nas pesquisas do petróleo brasileiro (THOMAS, 2001).

4.2 Operadores de Petróleo

A produção de petróleo no Brasil cresceu de 750m³/dia na época da criação da Petrobras para mais de 182.000m³/dia no fim dos anos 90, graças aos contínuos avanços tecnológicos de perfuração e produção da plataforma continental (THOMAS, 2001).

O principal operador na extração do petróleo é a Petrobrás, porém a outros que menores que extraem uma pequena quantidade de petróleo no território brasileiro, são eles: EPG, Cheim, Arclima, Allpetro, Panergy, Petrosynergy etc (ANP, 2013).

O petróleo tornou-se tão conectado às nossas vidas que, como o ar que respiramos e o chão sobre qual pisamos, muitos de nós quase nunca notamos, a não ser quando sentimos o odor da bomba de gasolina no breve ritual semanal de encher o tanque do carro. Mas o petróleo, como parte de nosso planeta, com seu legado e capacidade de mudança, não é algo que possamos separar facilmente de nossa própria

origem orgânica e terrestre, quando o colocamos em nossas máquinas, com braços esticados e nariz tampado (SHAH, 2007).

4.3 Aplicação do Controle na Produção de Petróleo

Nunes (2010) em seu livro “Modelagem e Controle na produção de Petróleo”, relata que o controle rigoroso das variáveis de processamento na produção do petróleo, garantem a continuidade operacional, mesmo que não otimize economicamente o processo. Toma-se por exemplo a manutenção das máquinas utilizadas para a separação do petróleo da água e a captação do gás natural.

No artigo “Aplicação do Controle Estatístico de Qualidade na variável DT (Daley Time) do processo de perfilagem de um poço de petróleo” de Russo et al. (2010), foi aplicado os gráficos de controles após verificar a existência de causas especiais, onde tais afetavam o processo de perfilagem de um poço de petróleo, assim foi possível avaliar as inadequações das cartas de controle tradicionais adequada ao desempenho na presença de auto correlação, afim de discutir os processos de monitorização do processo produtivo, verificando assim se realmente o processo está sob o controle estatístico.

4.4 Controle Estatístico de Qualidade

Segundo Costa et al. (2005), o controle permanente dos processos é a condição básica para a manutenção da qualidade de bens e de serviços. Não existe na literatura uma definição única, universal, para qualidade; os próprios “gurus” da qualidade apresentam diferentes definições. Para Juran (1999) (citado por, Costa et al., 2005), qualidade significa adequação ao uso. Para Deming (2000) (citado por, Costa et al., 2005), qualidade significa atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor. Para Crosby (1995) (citado por, Costa et al., 2005), qualidade significa atender às especificações. Para Taguchi (1999) (citado por, Costa et al., 2005), a produção, o uso e o descarte de um produto sempre acarretam prejuízos (“perdas”) para sociedade; quanto menor for o prejuízo, melhor será a qualidade do produto.

O campo de controle estatístico da qualidade pode ser largamente definido como aqueles métodos estatísticos usados na medida, na monitorização, no controle e na

melhoria da qualidade. O controle estatístico da qualidade é um campo relativamente novo, datando dos anos 20. Dr. Walter A. Shewhart, dos Laboratórios da Companhia Telefônica Bell (Bell Telephone Laboratories), foi um dos pioneiros do campo. Em 1924, escreveu um memorando mostrando um moderno gráfico de controle (ou carta de controle), umas das ferramentas básicas de controle estatístico de processo. Harold F. Dodge e Harry G. Romig, dois empregados do Sistema Bell (Bell System), forneceram muito da liderança no desenvolvimento da amostragem com base estatística e métodos de inspeção. O trabalho desses três homens formam os principais conceitos e métodos do controle estatístico da qualidade. A Segunda Guerra Mundial viu a larga introdução desses métodos nas indústrias americanas. Dr. W. Edwards Deming e Dr. Joseph M. Juran foram os responsáveis pela difusão dos métodos de controle estatístico da qualidade, desde a Segunda Guerra Mundial (MONTGOMERY, 2001).

Os japoneses foram particularmente vitoriosos na aplicação dos métodos de controle estatístico da qualidade e usaram métodos estatísticos para ganhar vantagem significativa sobre seus competidores. Nos anos 70, a indústria americana sofreu bastante com os competidores japoneses (e outros estrangeiros); isso levou, por sua vez, a renovar o interesse em métodos de controle estatístico da qualidade nos Estados Unidos (MONTGOMERY, 2001).

No livro “Controle Estatístico de Qualidade” de Costa et al. (2005), os processos devem ser permanentemente monitorados, para detectar a presença de causas especiais (que aumentam sua dispersão e/ou tiram sua média do valor alvo). Detectada essa presença, deve-se proceder a uma investigação para identificar as causas especiais e intervir para eliminá-las. A principal ferramenta utilizada para monitorar os processos e sinalizar a presença de causas especiais são os gráficos de controle.

5. METODOLOGIA

O método utilizado foi a da pesquisa teórica da literatura, usando as definições descritivas, exploratórias e explicativas a fim de conceituar a fundamentação do tema proposto. A pesquisa abrange uma revisão da literatura do controle estatístico de qualidade, conceituando noções teóricas importantes para a construção dos gráficos de controle.

Os dados foram extraídos do site da Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustível (ANP), a planilha continha as seguintes informações: estado, bacia, campo, operador, período, número do contrato, quantidade em m³ da produção de petróleo e quantidade em m³ da produção de gás.

Os operadores são responsáveis pela extração do petróleo, em determinado momento será retirado o operador da Petrobrás que influencia a produção por ser o maior extrator de petróleo.

A variável selecionada para o estudo foi quantitativa que corresponde à quantidade de barris de petróleo produzidos por dia, no período de quatro anos que vai de 2010 a 2013. Foram coletadas 48 amostras que correspondem à produção para cada mês do ano de 2010 à 2013, em que avaliou-se o controle estatístico da qualidade para quantidade de barris produzidos em cada mês do ano e os anos da amostra em geral.

Para construção dos gráficos de Controle foi considerado o mês da produção para observação ao longo dos anos, plotando a quantidade de barris relacionando-a com à média e os limites de controle.

Por se tratar de variáveis quantitativas e produção contínua, o gráfico de controle \bar{X} e S , foi a carta de controle mais adequada para análise dos dados obtidos. Em que foi testado a normalidade dos dados, e consequentemente analisados se estão dentro ou fora dos limites de controle. Além de analisado também os coeficientes de curtose, para verificar a posição da curva em relação à distribuição normal.

O programa estatístico empregado foi o Statistic 10 para análise da normalidade dos dados observados. E a Office do Excel ® 2010 foi utilizada para construção dos gráficos de controle como também para os cálculos das estatísticas descritivas.

5.1 ANÁLISE EXPLORATÓRIA DE DADOS

Segundo Bolfarine e Bussab (2004), os levantamentos estatísticos de um modo geral possuem informações importantíssimas para o estudo das variáveis dentro das amostras pesquisadas. Podendo identificar informações que indicam os possíveis modelos a serem utilizados.

Além da construção de tabelas e gráficos, a análise exploratória de dados consiste também de cálculos em medidas estatísticas que resumem as informações obtidas dando uma visão global dos dados, sendo essas medidas conhecidas como medidas descritivas e recebem o nome genérico de estatísticas quando calculada com os dados da amostra (MEDRI, 2011).

Dentre as medidas estatísticas mais utilizadas estão as de Tendência Central (ou de posição). São elas:

- a) A Média é o valor que aponta para onde mais se concentram os dados de uma distribuição. É calculada pela seguinte fórmula:

$$\bar{X} = \frac{\sum x_i}{n}, \text{ em que } x_i \text{ são as observações e } n \text{ o tamanho da amostra.}$$

- b) A Mediana corresponde ao termo que ocupa a posição central de um conjunto com valores ordenados;
- c) A Moda corresponde ao valor que ocorreu com maior frequência, ou simplesmente o termo que mais se repete.

E as medidas de Dispersão, mais utilizadas são:

- a) A amplitude é a dispersão entre o maior e o menor número de uma amostra. Calculada pela seguinte fórmula:

$$R = n^{\circ}maior - n^{\circ}menor$$

- b) O Desvio Médio é uma medida de dispersão dos dados em relação a média de uma sequência. Calculado pela seguinte fórmula:

$$DM = \frac{\sum_{i=1}^n |x_i - \bar{x}|}{n}$$

- c) O Desvio Padrão mede os valores à volta da Média. Calculado pela seguinte fórmula:

$$S = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}}$$

- d) A Variância mede o grau de variabilidade de uma determinada amostra. Calculada pela seguinte fórmula:

$$S^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}$$

- e) O Coeficiente de Variação (CV) é calculado pela seguinte fórmula:

$$CV = \frac{S}{\bar{X}}$$

O Coeficiente de Variação compara, em termos relativos, o grau de concentração em torno da média. E alguns especialistas interpretam o CV considerado a seguinte informação:

- Baixa dispersão: $CV \leq 15\%$;
- Média dispersão: $15\% < CV < 30\%$;
- Alta dispersão: $CV \geq 30\%$.

Embora as medidas de posição e de variação possibilitem descrever estatisticamente um conjunto de dados, é necessário verificar como esta se comporta de forma geral da distribuição, o que é possível através da distribuição de frequência e de histograma. Sendo que as distribuições possam tomar praticamente qualquer forma, a maioria que se encontra na prática é discreta por alguns tipos padrão (MEDRI, 2011).

É de suma importância que a distribuição seja em forma de sino, ou seja, é uma distribuição simétrica, pois a metade esquerda do seu histograma é aproximadamente a “imagem-espelho” da metade direita (MEDRI, 2011).

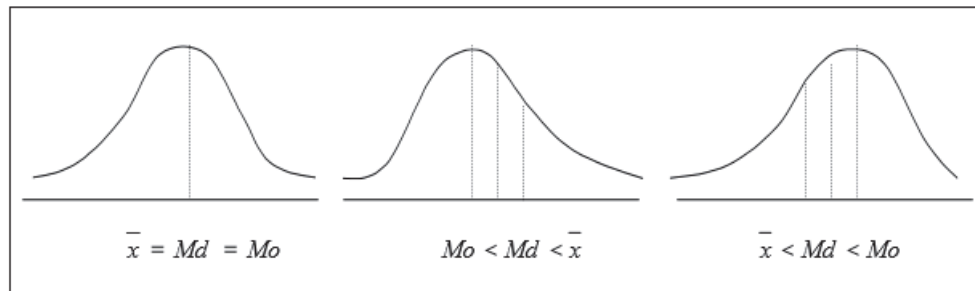
As distribuições consideradas assimétricas apresentam uma “cauda” em uma das extremidades, quando está à direita, é positivamente assimétrica, e se está à esquerda, é negativamente assimétrica. Para verificar o tipo e o grau da assimetria da distribuição utiliza-se a medida estatística adimensional denominada de Coeficiente de Assimetria de Pearson, definido como (MEDRI, 2011):

$$As = \frac{3(\bar{X} - Md)}{S}$$

Em uma distribuição simétrica, a Média (\bar{X}), a Mediana (Md) e a Moda (Mo) são iguais, isto é $\bar{X} = Md = Mo$. Em uma distribuição assimétrica positiva ou

assimétrica à direita, a média é maior que a mediana, e esta, por sua vez, maior que a moda ($\bar{X} > Md > Mo$), ao passo que, em uma distribuição assimétrica negativa ou assimétrica à esquerda, a média é menor que a mediana, e esta, menor que a moda ($\bar{X} < Md < Mo$). A Figura 3 apresenta o esquema dessas distribuições (MEDRI, 2011):

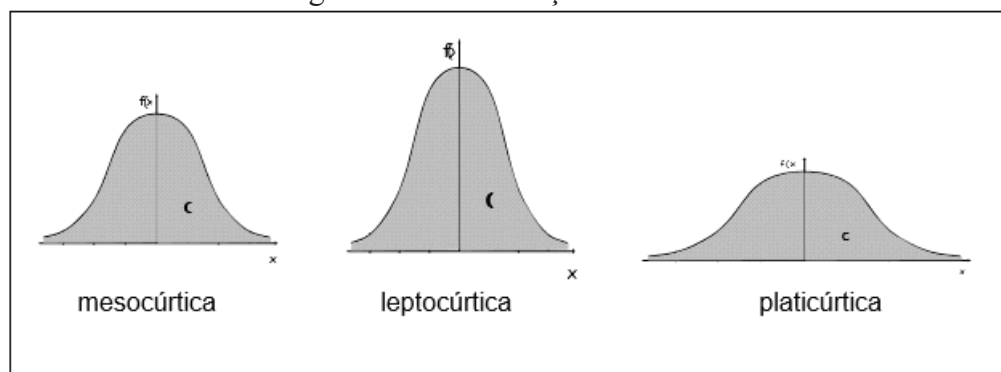
Figura 3 – Simétrico e Assimétrico



Fonte: Medri (2011, p. 40).

A curtose é o grau de achatamento de uma distribuição em relação a uma distribuição padrão, denominada de curva normal. A curva normal, que é a base referencial, recebe o nome de mesocúrtica. Já, uma distribuição que apresentar uma curva de frequência mais achatada do que a normal é denominada de leptocúrtica, e a que apresentar uma curva de frequência mais aberta, recebe o nome de platicúrtica. A Figura 4 apresenta o esquema dessas curvas (MEDRI, 2011):

Figura 4 – Classificação das Curvas



Fonte: Medri (2011, p. 40).

5.1.2 Hipótese Estatística

Hipótese, em estatística, é uma suposição formulada a respeito dos parâmetros de uma distribuição de probabilidade de uma ou mais populações. Esta hipótese será

testada com base em resultados amostrais, sendo aceita ou rejeitada. Ela somente será rejeitada se o resultado da amostra for claramente improvável de ocorrer quando a hipótese for verdadeira. Consideremos H_0 a hipótese nula, e H_1 a hipótese alternativa a ser testada (complementar de H_0). O teste pode levar a aceitação ou rejeição de H_0 que corresponde, respectivamente à negação ou afirmação de H_1 (CAMARA, 2001).

O nível de significância é a probabilidade máxima de rejeitar H_0 . Se, por exemplo, utilizarmos o nível de significância de 5%, a hipótese nula (H_0) será rejeitada somente se o resultado da amostra for tão diferente do valor suposto que uma diferença igual ou maior ocorreria com uma probabilidade máxima de 0,05. Na prática, o valor de α é fixo. (Geralmente $\alpha = 0,01$ ou $0,05$ ou $0,10$) (CAMARA, 2001).

O p-valor é a probabilidade de se obter uma estatística de teste igual ou mais extrema que aquela observada em uma amostra, sob a hipótese nula. Por exemplo, em teste de hipóteses, pode-se rejeitar a hipótese nula a 5% caso o p-valor seja menor que 5%. Assim, uma outra interpretação para o p-valor, é que este é pode ser considerado o menor nível de significância com que não se rejeitaria a hipótese nula. Em termos gerais, um p-valor pequeno significa que a probabilidade de obter um valor da estatística de teste como o observado é muito improvável, levando assim à rejeição da hipótese nula (CAMARA, 2001).

5.2 TESTE DA NORMALIDADE

Para aplicação do controle estatístico da qualidade é necessário que os dados coletados tenham distribuição normal ou aproximadamente normal. Há vários testes que mostram se os dados tendem a distribuição normal ou se aproximam dela. O teste escolhido foi o de Shapiro-Wilk, por testar amostras de tamanhos superiores a 30.

As hipóteses do teste da normalidade são descritas como:

- H_0 : A amostra provém de uma distribuição normal;
- H_1 : Caso contrário. A amostra não provem de uma distribuição normal.

3.2.1 Teste de Shapiro-Wilk (SW)

O teste Shapiro-Wilk, calcula uma estatística (W) que investiga se uma amostra aleatória provém de uma distribuição normal. É calculado pela seguinte fórmula:

$$W = \frac{(\sum_{i=1}^n a_i x_i)^2}{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{X})^2}$$

Em que x_i são valores amostrais ordenados e os a_i são constantes geradas das médias, variâncias e covariâncias das estatísticas de ordem de uma amostra aleatória de tamanho n de uma distribuição normal.

O valor de W , deve ser sempre maior que o p -valor, para aceitar a hipótese da normalidade dos dados (SIEGEL e CASTELLAN, 2006).

5.3 CONTROLE ESTATÍSTICO DE QUALIDADE

Para Costa (1977), o Controle Estatístico de Qualidade é um subsistema do sistema de garantia da qualidade do qual fazem parte outros subsistemas tais como: Administração para a Qualidade e Controle de Qualidade. A inspeção da qualidade objetiva, dividir a produção em dois tipos de produtos: perfeitos e os fora de especificação, enquanto o Controle de Qualidade é um subsistema integrado que atua de forma contínua em todas as fases da produção. Seu objetivo é prevenir que produtos fora das especificações venham a ser produzidos.

Montgomery (2001) reforça que o Controle Estatístico da Qualidade se faz através de uma das ferramentas da qualidade denominada de Controle Estatístico de Processo (CEP), sendo de extrema importância para encontrar a estabilidade de um processo e para melhorar a capacidade através da redução da variabilidade.

Para Montgomery (2009), em qualquer processo de produção, independentemente do perfeito planejamento ou cuidadosamente mantido ele seja, uma certa quantidade de variabilidade inerente ou natural sempre existirá. Essa variabilidade natural ou “ruído de fundo” é o efeito cumulativo de muitas causas pequenas, essencialmente inevitáveis. No sistema de controle da qualidade, essa variabilidade natural é, em geral, chamada “sistema estável de causas aleatórias”. Diz-se que um processo que opera com as causas aleatórias da variação está sob controle estatístico. Em outras palavras, as causas aleatórias são uma parte inerente ao processo.

Já segundo Costa et al. (2005), desde o início da Revolução Industrial, Shewhart preocupou-se em estudar a variabilidade dos processos. Segundo ele, todo e qualquer processo, por mais bem projetado e por mais bem controlado que seja, possui em sua variabilidade um componente impossível de ser eliminado. Trata-se da variabilidade

natural do processo, que é fruto de uma série de pequenas perturbações, ou causas aleatórias, contras as quais pouco ou nada se pode fazer. Quando o processo apresenta apenas a variabilidade natural, devida às causas aleatórias, diz-se que ele está no estado de controle estatístico, ou simplesmente em controle.

Hoje em dia, a qualidade de produtos e de serviços tem se tornado um importante fator de decisão na maioria dos negócios. O controle estatístico de qualidade reúne várias informações relacionadas à produção como um todo, para tomada de decisões que ajudem a prosperidade do processo dentro da produção (MONTGOMERY, 2009).

Um dos principais objetivos do controle estatístico da qualidade é detectar rapidamente a ocorrência de causas atribuídas ou mudanças do processo, de modo que uma investigação do processo e uma ação corretiva possam ser empreendidas antes que muitas unidades não conformes sejam fabricadas. O gráfico de controle é uma técnica de monitorização on-line do processo, largamente usada para essa finalidade (MONTGOMERY, 2001).

5.3.1 Gráficos de Controle

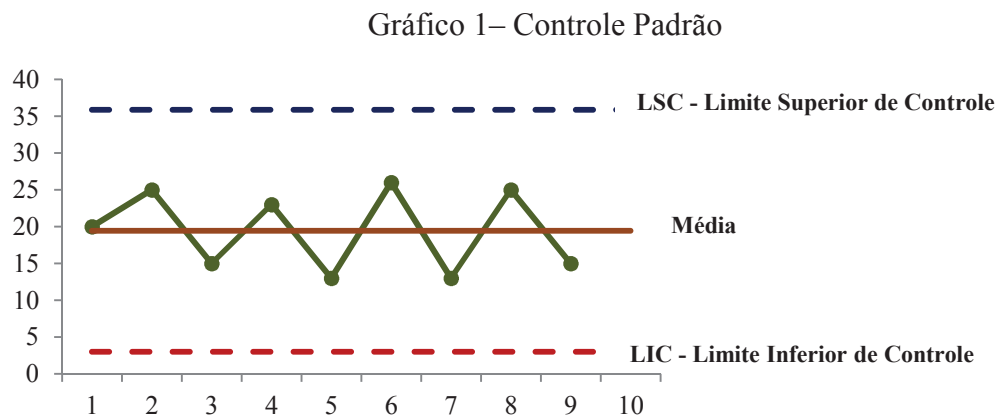
Os gráficos de controle podem ser classificados em dois tipos: Gráficos de Controle para Variáveis e Gráficos de Controle para Atributos. Se a característica da qualidade pode ser expressa como um número em alguma escala continua de medida. Em tais casos, é conveniente descrever a característica da qualidade com uma medida de tendência central e uma medida de variabilidade. Os gráficos de controle para tendência central e variabilidade são chamados coletivamente, de gráficos de controle para variáveis. Muitas características da qualidade não são medidas em uma escala contínua ou mesmo em uma escala quantitativa. Nesses casos, podemos julgar cada unidade do produto como conforme ou não-conforme, com base em se ela possui ou não certos atributos, ou podemos contar o número de não-conformidades (defeitos) que aparecem em uma unidade do produto. Gráficos de controle para tais características da qualidade são chamados de gráficos de controle para atributos (MONTGOMERY, 2009).

O gráfico de controle típico exibe três linhas paralelas: a central, que representa o valor médio do característico de qualidade; a superior que representa o limite superior de controle (LSC); e a inferior, que representa o limite inferior de controle (LIC). Os

pontos representam amostras tomadas em momentos diferentes. É usual unir os pontos por segmentos de reta, para melhor visualizar a evolução do característico de qualidade ao longo do tempo (VIEIRA, 1999). Pode-se observar no Gráfico 1, uma representação padrão de um gráfico de controle.

Vieira (1999) destaca que os gráficos de controle mostram o desempenho do processo. E entende-se que o processo está “sob controle” se:

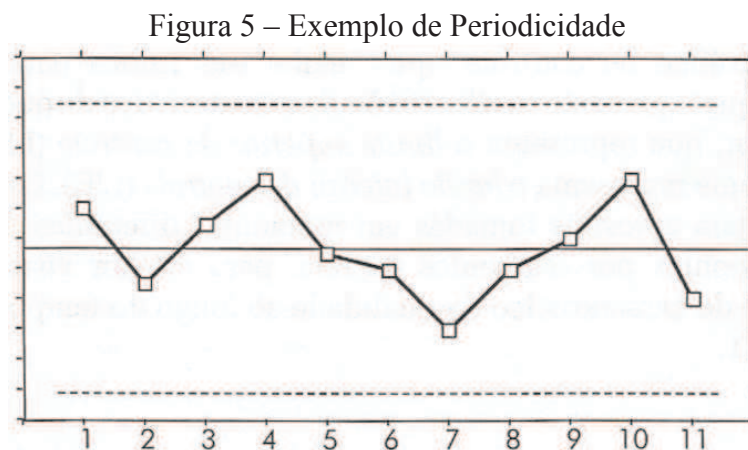
- Todos os pontos do gráfico estão dentro dos limites de controle;
- A disposição dos pontos dentro dos limites de controle é aleatória.



Fonte: Elaboração própria

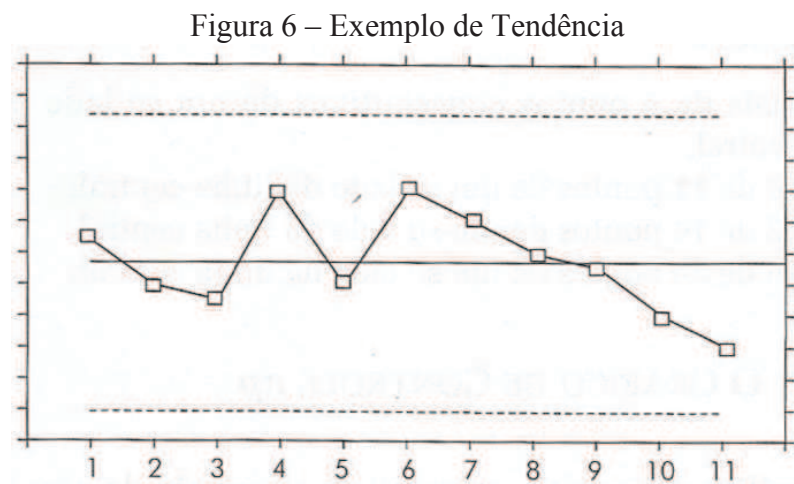
Vieira (1999), relata também que um ou mais pontos fora dos limites de controle ou em disposição não-aleatória indicam que o processo está “fora de controle”. São padrões típicos de comportamento não aleatório:

- Periodicidade, isto é, “subidas” e “descidas” em intervalos regulares de tempo, como mostra a Figura 5:



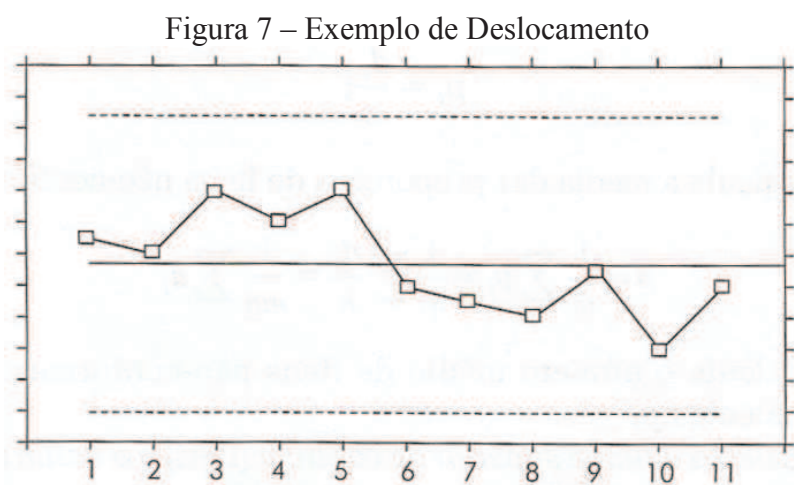
Fonte: Vieira (1999, p. 38).

- b) Tendência, isto é, quando os pontos se direcionam nitidamente para cima, ou para baixo, como mostra a Figura 6:



Fonte: Vieira (1999, p. 39).

- c) Deslocamentos, isto é, mudança no nível de desempenho do processo, podendo ser observado na Figura 7.



Fonte: Vieira (1999, p. 39).

Além dos padrões típicos de comportamento não-aleatório, existem outras disposições de pontos que indicam processo “fora do controle”. Por exemplo, se 18 dos 20 pontos de um gráfico de controle estão acima da linha central, é razoável considerar que o processo está “fora de controle”. Algumas regras ajudam a definir se o processo está “fora de controle”, ocorrendo uma sequência de pontos com as seguintes características:

- Mais de 06 pontos consecutivos de um só lado da linha central;
- 10 de 11 pontos de um só lado da linha central;
- 12 de 14 pontos de um só lado da linha central;
- 16 de 20 pontos de um só lado da linha central.

5.3.2 Gráficos de Controle \bar{X} e S

Segundo Montgomery (2009), apesar da grande utilização dos gráficos \bar{X} e R , algumas vezes torna-se necessário estimar diretamente o desvio padrão do processo em vez de indiretamente através do uso da amplitude R . Isso leva aos gráficos de controle \bar{X} e S , em que S é o desvio padrão amostral. Em geral, os gráficos \bar{X} e S são preferidos aos seus semelhantes \bar{X} e R quando:

- O tamanho da amostra n é moderadamente grande – digamos, $n > 10$ ou 12;
- O tamanho da amostra n é variável.

Montgomery (2009), relata ainda que para construir os gráficos de controle \bar{X} e S é necessário calcular a média amostral \bar{X} e o desvio padrão amostral S .

Se a distribuição subjacente é normal, então S na verdade estima $c_4\sigma$, onde c_4 é uma constante que depende do tamanho da amostra n . Além disso, o desvio padrão de S é $\sigma\sqrt{1 - c_4^2}$. Essa informação pode ser usada para definir os gráficos de controle para \bar{X} e S .

Considerando o caso onde um valor de referência é dado para σ . Como $E(S) = c_4\sigma$, a linha central para o gráfico é $c_4\sigma$. Os limites de controle três-sigma são

$$LSC = c_4\sigma + 3\sigma\sqrt{1 - c_4^2}$$

$$\text{Linha Central} = c_4\sigma$$

$$LIC = c_4\sigma - 3\sigma\sqrt{1 - c_4^2}$$

É costume definir as duas constantes

$$B_1 = c_4 - 3\sqrt{1 - c_4^2}$$

$$B_2 = c_4 + 3\sqrt{1 - c_4^2}$$

Consequentemente, os parâmetros do gráfico S com um valor de referência dado para σ se tornam

$$LSC = B_2\sigma$$

$$\text{Linha Central} = c_4\sigma$$

$$LIC = B_1\sigma$$

Se nenhum valor de referência é dado para σ , então temos que estimá-lo através de dados passados. Suponha que m amostras preliminares estejam disponíveis, cada uma de tamanho n , e seja S_i o desvio padrão da i -ésima amostra. A média dos m desvios padrão é

$$\bar{S} = \frac{1}{m} \sum_{i=1}^m S_i$$

A estatística \bar{S}/c_4 é um estimador não-viesado de σ . Então os parâmetros para o gráfico S são

$$LSC = \bar{S} + 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}$$

$$\text{Linha Central} = c_4\sigma$$

$$LIC = \bar{S} - 3 \frac{\bar{S}}{c_4} \sqrt{1 - c_4^2}$$

Quando \bar{S}/c_4 é usado para estimar σ , podemos definir os limites de controle para o gráfico \bar{X} correspondente como

$$LSC = \bar{\bar{X}} + \frac{3\bar{S}}{c_4\sqrt{n}}$$

$$\text{Linha Central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - \frac{3\bar{S}}{c_4\sqrt{n}}$$

Definindo a constante $A_1 = 3/(c_4\sqrt{n})$, os parâmetros do gráfico \bar{X} se tornam

$$LSC = \bar{\bar{X}} + A_1\bar{S}$$

$$\text{Linha Central} = \bar{\bar{X}}$$

$$LIC = \bar{\bar{X}} - A_1\bar{S}$$

6. RESULTADOS

6.1 Análise Descritiva

Conforme dados coletados, foram analisadas as variáveis Período da Produção e Quantidade de Barris produzidos por dia, no período de 2010 à 2013.

Pode-se observar na Tabela 1, que a maior média da produção de barris de petróleo foi de 2.105.187 no ano de 2011 e a menor média foi de 2.054.097 no ano de 2013.

Tabela 1 Análise descritiva da variável quantidade de barris/dia 2010 à 2013

Medidas/Ano	2010	2011	2012	2013
Média	2.054.348	2.105.187	2.061.398	2.024.097
Mediana	2.053.550	2.090.624	2.038.789	2.035.444
Desvio padrão	52.242	52.293	85.754	78.875
Curtose	2	0	1	0
Assimetria	1	1	1	1
Soma	24.652.175	25.262.248	24.736.777	24.289.165
CV	25%	25%	42%	39%

Fonte: Elaboração própria

Observa-se que é uma distribuição simétrica, devido à média e a mediana, serem bastante parecidas.

No ano de 2010 a 2011 temos uma dispersão média. Já nos anos de 2012 a 2013 temos uma alta dispersão.

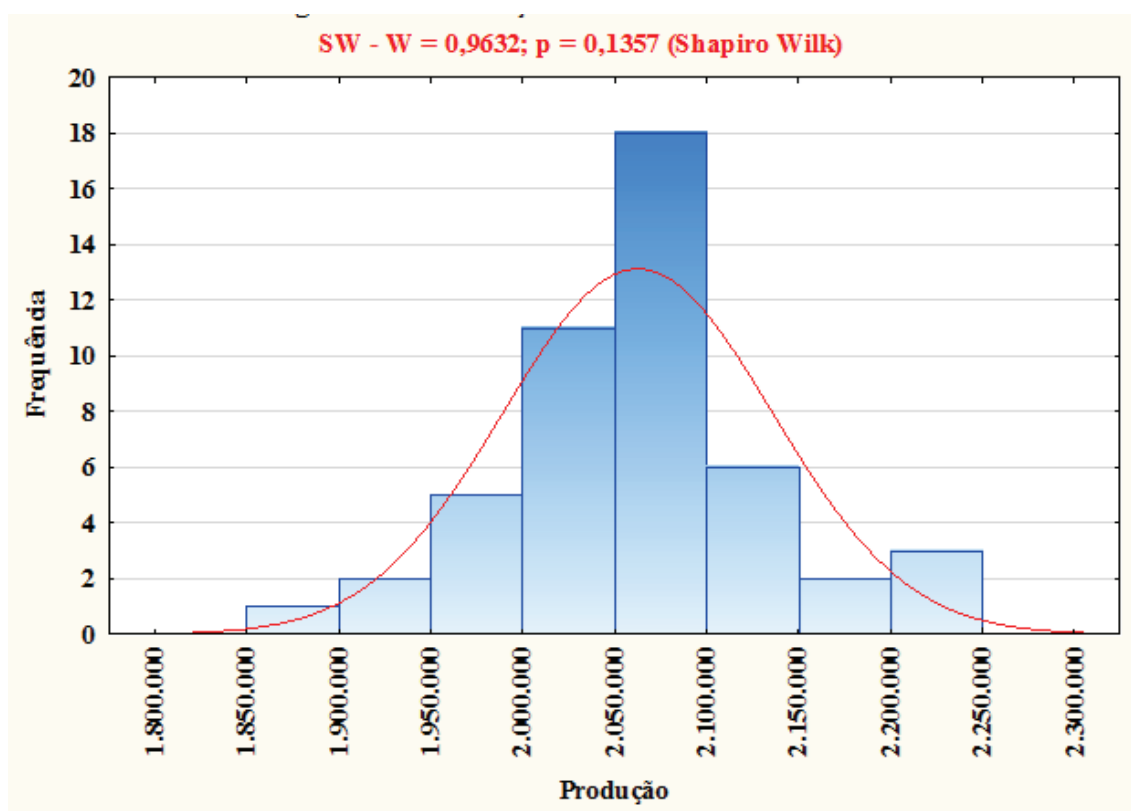
Percebe-se que apesar da proximidade das médias para todos os anos, ocorreu uma dispersão bastante considerável a partir do ano de 2012, influenciando o Coeficiente de Variação (CV) a atingir uma alta dispersão em 2012 e 2013, diferentemente dos anos anteriores que caracterizou uma média dispersão.

Analizando as características das curvas observando a assimetria e a curtose, pode-se afirmar que caracterizou uma leptocúrtica, sendo a curva em relação a distribuição normal é mais achata.

6.2 Verificação da Normalidade

Após a aplicação do teste de Shapiro-Wilk (SW), foi identificado que a variável de estudo segue uma distribuição normal. Considerando a regra de decisão dos testes, podemos afirmar com o nível de significância de 5% que a variável quantidade de barris de petróleo produzidos de 2010 a 2013 provém de uma amostra normal, conforme podemos observar na Figura 8.

Figura 8 – Histograma da Produção de Petróleo 2010 á 2013



Fonte: Elaboração própria.

No teste da normalidade de Shapiro-Wilk (W), o W calculado foi igual a 0,9632 maior que o p-valor que foi igual a 0,1357, assim podemos afirmar que a quantidade de barris de petróleo produzidos, provém de uma amostra normal. O teste de hipótese realizado obteve o p-valor maior que 0,05, ou seja, não há evidências para rejeitar H_0 , portanto, os dados seguem uma distribuição normal.

6.3 Análises do Controle de Qualidade – Gráfico de Controle de \bar{X} e S

Na Figura 9, observamos os gráficos da média e do desvio padrão para todos os anos separadamente, considerando todos os meses. Pode-se observar que tanto no ano de 2010 quanto em 2011 houve um crescimento parecido para o mês de Novembro e Dezembro, pois as produções para esses anos chegaram próximos ao LSC (Limite Superior de Controle). O crescimento de 2011 influenciou o início da produção no ano de 2012, impulsionando uma queda na produção até o mês de Abril.

Figura 9 – Os gráficos de \bar{X} e S, baseados em S, da Produção de Barris de Petróleo no Brasil de 2010 à 2013.



Fonte: Elaboração própria.

Porém esse decaimento influenciou toda a produção, pois observando os próximos meses a produção só começa a crescer a partir do mês de Setembro e não consegue chegar ao mesmo patamar da produção do ano anterior. Assim podemos afirmar que a produção de petróleo do ano de 2012, foge do controle por caracterizar uma tendência.

O detalhamento na Figura 9 para cada ano especificando todos os meses, possibilitou uma visão ampla de toda a produção. Identificando alguns momentos para atuação na conservação do processo como também na manutenção das máquinas ou até

mesmo uma revisão diante do próprio processo, podemos destacar as seguintes observações:

Em 2010 – 05 pontos ficam entre o LIC e a média, 01 desses pontos se aproxima bastante da média; Já outros 06 pontos ficam entre o LSC e a média praticamente alinhados com a média; 01 se distância da média se aproximando no LSC;

Já em 2011 – Os pontos nesse momento se aproximam ainda mais da média, mas há um deslocamento de dois pontos no fim do ano, mostrando uma tendência de crescimento;

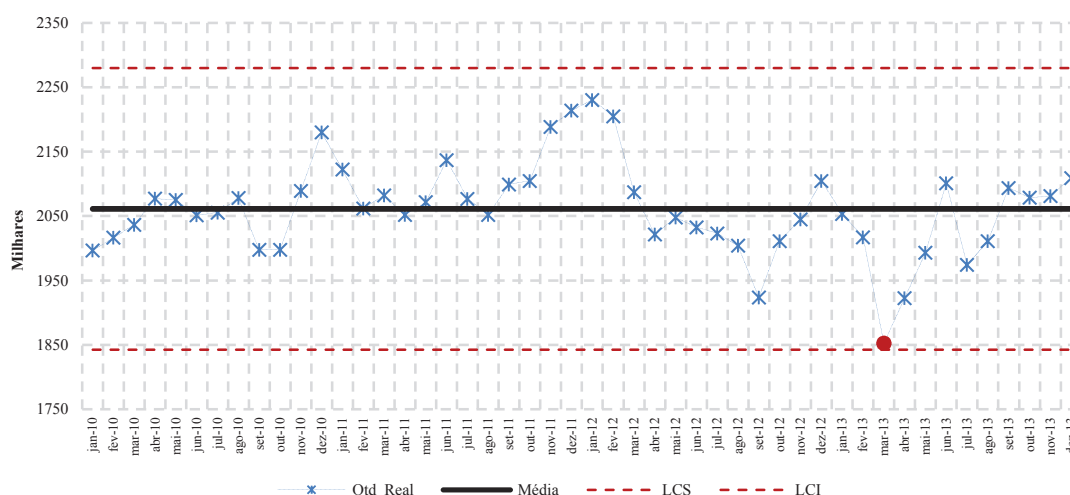
Enquanto em 2012 – Nesse período observa-se que os primeiros pontos ficam próximos ao LSC, porem a partir do segundo mês começam á decair, influenciando os pontos a ficarem entre a média e o LIC;

E 2013 – Observa-se um movimento diferente, os pontos estão com diferentes posições, porém um deslocamento no mês de março é visível, que acarretou o ponto fora de controle, tanto na figura 9 como também no Gráfico 3.

Observando de forma mais sintetizada, pode-se tomar decisões que acarretem em mudanças para a produção uma vez que temos informações primordiais do inicio da produção, com o objetivo de minimizar os erros que resultam em um baixo risco na produtividade.

Já quando se observa o Gráfico 2, caracterizado pelo \bar{X} e S para quantidade de barris de petróleo produzidos durante os anos de 2010 á 2013, no decorrer dos 12 meses, totalizando uma observação de 48 amostras. Analisa-se que o LSC (Limite

Gráfico 2 – \bar{X} e S no período de 2010 á 2013



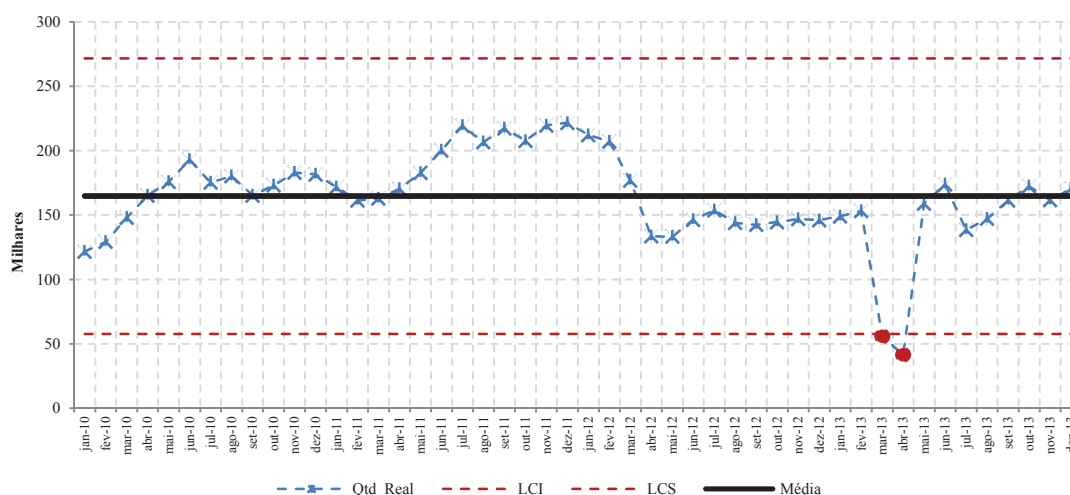
Fonte: Elaboração Própria.

Superior de Controle) foi de 2.279.937 barris de petróleo, já a média foi 2.061.258 barris de petróleo, e o LIC (Limite Inferior de Controle) correspondeu a 1.842.579 barris de petróleo ocorrendo 01 ponto nítido em cima desse limite de controle. Nota-se a partir do ano de 2012 uma tendência e alguns deslocamentos nas amostras, influenciando consequentemente o ponto que próximo ao limite de controle inferior.

Apura-se que 97,91% das amostras realizadas atendem as especificações exigidas e somente 2,08% estavam fora de controle. A redução de 8,16% na produção do petróleo no mês de março de 2013 comparado ao mês anterior influenciou esse ponto fora de controle. Onde os principais motivos para a redução na produção de petróleo foram às paradas programadas para manutenção das plataformas FPSO Espírito Santo, nos campos de Ostra e Argonauta, FPSO Maersk Peregrino, campo de Peregrino, e P-54, no campo de Roncador (ANP, 2013).

Retirando o maior operador na extração do petróleo, nesse caso retirando o operador da Petrobrás, observa-se no Gráfico 3 que dois pontos saem fora do limite de controle inferior. Evidenciando a importância da operação do operador da Petrobrás na extração do petróleo brasileiro, para o controle da produção no decorrer de todo período analisado.

Gráfico 3 – \bar{X} e S no período de 2010 á 2013 – Sem o operador da Petrobrás



Fonte: Elaboração própria.

Constata-se que 95,83% das amostras realizadas atendem as especificações exigidas e somente 4,17% estavam fora de controle, consequência da influência da

redução de 8,17% da produção de petróleo nesse período. Justifica-se assim tais pontos fora do limite de controle.

Percebe-se que quando retiramos o maior produtor de petróleo a movimentação da produção passa a ser mais contínua, destacando justamente os dois momentos que ocorreram as paradas para manutenção como pode ser observado na figura 12.

Quando analisamos o movimento anualmente, atestamos que houve uma tendência, que favoreceu os pontos saírem fora de controle. Com a análise mensal é possível verificar os meses que podem ter sido os maiores influenciadores do resultado atingido.

Por consequência podemos sinalizar que os pontos fora do limite de controle, simplesmente são um reflexo da “má performance” em alguns meses, que aparentemente analisados individualmente não influenciaram a produção do mês, deixando a produção de petróleo abaixo da média.

O controle estatístico da qualidade possibilita uma visão de todo o processo, podendo mostrar oportunidades dentro da produção para atuação na melhoria da qualidade, uma vez que pode-se ver a cadeia do processo como um todo, facilitando a identificação dos problemas.

7. CONCLUSÃO

Analisando os dados da produção anual no período de quatro anos foi possível mostrar a variabilidade da produção do petróleo. Conseguindo observar a redução na produção, caracterizado pela manutenção das plataformas utilizadas na extração do petróleo. A manutenção é indispensável para o desenvolvimento do processo, mas é preciso ter o controle para não acarretar diminuição que possa prejudicar toda a cadeia de produção.

Visando o quantitativo, não se constatou que houve um fator prejudicial para a produção como um todo, as tendências que estavam influenciando as amostras ficaram próximo aos limites de controle e foram bastantes voláteis analisando a produção ao longo do tempo.

Foi importante a análise do controle de qualidade, por ser uma ferramenta estatística que possibilitou enxergar o comportamento do número de barris de petróleo produzidos ao longo de quatro anos, como também enxergar o detalhado.

As aplicações dos gráficos de controle \bar{X} e S resultaram em uma visão amplificada de toda produção ao longo do tempo, mostrando os momentos de variação, da média com os limites de controle e com o próprio resultado.

Com as ferramentas estatísticas apropriadas aos serviços da produção dos barris de petróleo pode-se atingir melhorias significativas dentro da produção, pois um processo sobre controle vai atender as exigências para um melhor desenvolvimento da produção onde é vital a redução da variabilidade.

BIBLIOGRAFIA

ANP – AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEL. **Boletim da Produção de Petróleo e Gás Natural – Março 2013**. Disponível em:< <http://www.anp.gov.br/>>, Acesso em: 31 Ago. 2014.

BOLFARINE, H.; BUSSAB, W. O. **Elementos da Amostragem**. São Paulo, p. 26-28, 2004.

CAMARA, F. G. **Estatística Não Paramétrica – Testes de Hipóteses e Medidas de Associação**. Ponta Delgada, p. 12-17, 2001.

COSTA, A. F. B.; EPPRECHT, E. K.; CARPINETTI, L. C. R. **Controle Estatístico da Qualidade**. 2ª ed. São Paulo; Atlas, 2005.

COSTA, J. J. S. **Controle de Qualidade – Aspectos Organizacionais e Modelo Estatístico**. 1º ed. Rio de Janeiro; Rio, 1977.

DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO. Disponível em:< <http://www.dep.fem.unicamp.com.br/>>, Acesso em: 02 ago. 2014.

FOLLMER, E.; **Implementação de Controle Estatístico de Processos em uma etapa do processo de galvanização de arames: estudo de caso no processo de decapagem ácida**. Porto Alegre, 2012.

MEDRI, W. **Curso de Especialização “Lato Sensu” em Estatística - Análise Exploratória de Dados**. Londrina/Pr, p. 30-40, 2011.

MONTGOMERY, D. C. **Estatística Aplicada a Engenharia**. 2ª ed. Rio de Janeiro; LTC, 2001.

MONTGOMERY, D. C. **Introdução ao Controle Estatístico da Qualidade**. 4ª ed. Rio de Janeiro; LTC, 2009.

NUNES, G. C.; MEDEIROS, J. L.; ARAÚJO, O. Q. F. **Modelagem e Controle na Produção de Petróleo – aplicações em MATLAB**. 1º ed. São Paulo, Blucher, 2010.

PORTAL ACTION. Disponível em:< <http://www.portalaction.com.br/>>, Acesso em: 28 ago. 2014.

PERFURADORES.COM. Disponível em:< <http://www.perfuradores.com.br/>>, Acesso em: 02 ago. 2014.

PRESSOTO, W. **Modulo de Ensino Integrado, Química Geral**. 2ª ed. São Paulo; Atlas, 2002. Cap. 4. p. 318.

RAMIRO, A. P. S. **Aplicação do Controle de Qualidade: Caso do Atendimento do Detran-se**. Monografia (Graduação em Estatística) Universidade Federal de Sergipe UFS, São Cristovão, 2012.

RUSSO, S. L.; PRATA, M. S.; CAMARGO, M. E.; SIMON, V. H.; **Aplicação do Controle Estatístico de Qualidade na variável DT do processo de perfilagem de um poço de petróleo**. INGEPRO, Aracaju/Se, 2010.

SANTOS, M. V. V. **Controle Estatístico de Qualidade da Água no Município de Aracaju-se**. Monografia (Graduação em Estatística) Universidade Federal de Sergipe UFS, São Cristovão-SE, 2014.

SCUDINO, P. A. **A Utilização de Alguns Testes Estatísticos para Análise da Variabilidade do Preço do Mel nos Municípios de Angra dos Reis e Mangaratiba, Estado do Rio de Janeiro**. Monografia (Graduação em Matemática) Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro UFRRJ, Seropédica-RJ, 2008.

SEREBRENICK, S. **O Petróleo**. 1º ed. Rio de Janeiro; Bloch, 1971.

SHAH, S. **A História do Petróleo**. Vários Tradutores. 1º ed. Rio de Janeiro; LPM, 2007.

SIEGEL, S.; CASTELLAN JR, N. J. **Estatística não-paramétrica para ciências do comportamento**. 2a ed. Porto Alegre; Artmed, 2006.

THOMAS, J. E. **Fundamentos de Engenharia de Petróleo**. 2ª ed. Rio de Janeiro; Interciencia, 2001.

VIEIRA, S. **Estatística para a Qualidade – Como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços**. 15ª reimpressão. Rio de Janeiro; Elsevier, 1999.